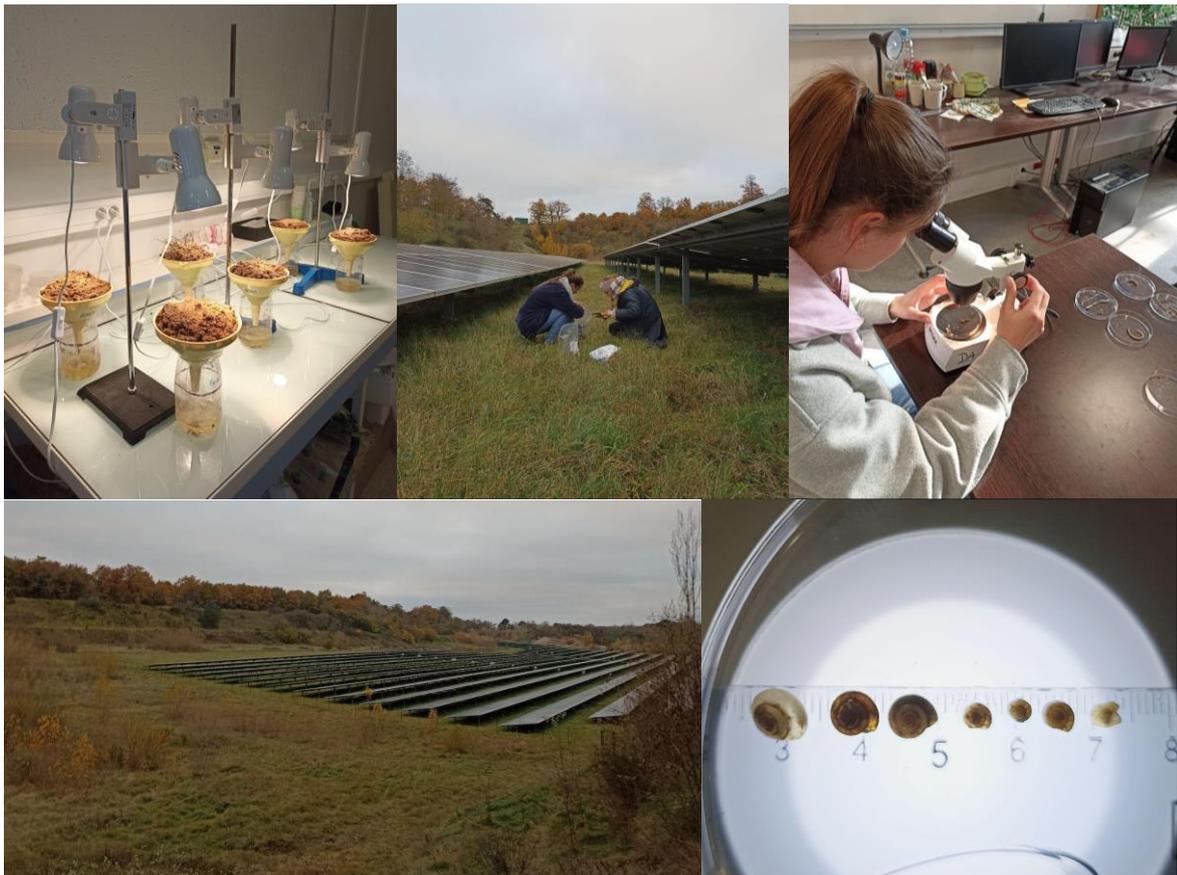


# Projet de Fin d'Études (PFE) 2022-2023

## L'impact d'un parc photovoltaïque en exploitation sur la pédofaune



### Directeurs de recherche

Monsieur Francis Isselin  
Monsieur Louison Bienvenu

### Auteures :

Madame Camille Mian  
Madame Léna Beauchesne

**Années 2022 - 2023**

# AVERTISSEMENT

---

Cette recherche a fait appel à des lectures, enquêtes et interviews. Tout emprunt à des contenus d'interviews, des écrits autres que strictement personnels, toute reproduction et citation, font systématiquement l'objet d'un référencement.

Les auteurs de cette recherche ont signé une attestation sur l'honneur de non plagiat.

# Formation par la recherche, Projet de Fin d'Etudes en génie de l'Aménagement et de l'Environnement

---

La formation au génie de l'aménagement et de l'environnement, assurée par le département aménagement et environnement de l'Ecole Polytechnique de l'Université de Tours, associe dans le champ de l'urbanisme, de l'aménagement des espaces fortement à faiblement anthropisés, l'acquisition de connaissances fondamentales, l'acquisition de techniques et de savoir faire, la formation à la pratique professionnelle et la formation par la recherche. Cette dernière ne vise pas à former les seuls futurs élèves désireux de prolonger leur formation par les études doctorales, mais tout en ouvrant à cette voie, elle vise tout d'abord à favoriser la capacité des futurs ingénieurs à :

- Accroître leurs compétences en matière de pratique professionnelle par la mobilisation de connaissances et de techniques, dont les fondements et contenus ont été explorés le plus finement possible afin d'en assurer une bonne maîtrise intellectuelle et pratique,
- Accroître la capacité des ingénieurs en génie de l'aménagement et de l'environnement à innover tant en matière de méthodes que d'outils, mobilisables pour affronter et résoudre les problèmes complexes posés par l'organisation et la gestion des espaces.

La formation par la recherche inclut un exercice individuel de recherche, le projet de fin d'études (P.F.E.), situé en dernière année de formation des élèves ingénieurs. Cet exercice correspond à un stage d'une durée minimum de trois mois, en laboratoire de recherche, principalement au sein de l'équipe Dynamiques et Actions Territoriales et Environnementales de l'UMR 7324 CITERES à laquelle appartiennent les enseignants-chercheurs du département aménagement.

Le travail de recherche, dont l'objectif de base est d'acquérir une compétence méthodologique en matière de recherche, doit répondre à l'un des deux grands objectifs :

- Développer toute ou partie d'une méthode ou d'un outil nouveau permettant le traitement innovant d'un problème d'aménagement
- Approfondir les connaissances de base pour mieux affronter une question complexe en matière d'aménagement.

**Afin de valoriser ce travail de recherche nous avons décidé de mettre en ligne sur la base du Système Universitaire de Documentation (SUDOC), les mémoires à partir de la mention bien.**

# REMERCIEMENTS

---

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de notre projet de fin d'étude ainsi que l'école Polytech Tours.

Tout d'abord, nous remercions vivement nos deux directeurs de recherches, Monsieur Francis Isselin, professeur et maître de conférences écologue, ainsi que Monsieur Louison Bienvenu, doctorant. Ils ont su partager leurs connaissances et nous confier un projet approprié à nos compétences et à nos attentes. Grâce à leurs confiances, nous avons pu réaliser nos recherches et effectuer une expérience de terrain. Ils furent d'une aide précieuse dans les moments les plus délicats et ils ont su être présents malgré un emploi du temps chargé.

Nous remercions également les exploitants du site photovoltaïque des Contres de nous avoir donné accès au site et permis de réaliser notre expérience.

Enfin, nous adressons nos remerciements à toutes les personnes qui ont contribué à ce projet, à savoir, les doctorants de Polytech Tours, ceux de la faculté Grandmont ainsi que M. Larribe et Mme Savary.

# TABLE DES MATIÈRES

---

<b>INTRODUCTION</b>	1
1. Etat des connaissances	2
1.1. Processus de fonctionnement du sol	2
1.2. La pédofaune	2
1.2.1. Définition	2
1.2.2. Ses actions sur le sol	4
1.2.2.1. Recyclage des nutriments	4
1.2.2.2. Dynamique de la structure du sol	5
1.2.2.3. Contrôle des bioagresseurs	6
1.2.2.4. Modification de l'interaction entre les espèces	6
1.3. L'anthropisation et l'occupation sol	7
1.3.1. L'agriculture	7
1.3.2. Le bâti et l'exploitation de carrière	8
2. Impacts des panneaux photovoltaïques sur la pédofaune	9
2.1. Recherches bibliographiques	9
2.1.1. Impacts négatifs	9
2.1.1.1. Dérangement de la faune en phase chantier et de démantèlement	9
2.1.1.2. Impacts dus à la présence, à l'exploitation et à la maintenance des installations	9
2.1.2. Impacts positifs	11
2.1.2.1. En phase chantier et de démantèlement	11
2.1.2.2. Pendant la phase d'exploitation	11
2.2. Expérience	12
2.2.1. Hypothèse	12
2.2.2. Échantillonnage : matériels et méthodes	12
2.2.3. Protocole d'extraction de la pédofaune : Méthode Berlèse	13
2.2.4. Méthodes d'identification	15
2.2.5. Résultats	18
3. Discussion	19
3.1. Interprétations des résultats	19
3.1.1. Nombre total d'individus dénombrés	19
3.1.2. Diversités	19
3.1.3. Habitats de vie des individus présents	20
3.1.4. Conclusion de l'expérience	21
3.2. Limite de ce travail de recherche et pistes d'amélioration	21
3.2.1. Recherches bibliographiques	21
3.2.2. Expérience	21
3.3. Mesures compensatoires	22
<b>CONCLUSION</b>	24
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	25
<b>ANNEXES</b>	i
Annexe 1 : Fonctionnement d'un panneau solaire photovoltaïque	i
Annexe 2 : Fiche de terrain	ii
Annexe 3 : Autres méthodes intéressante pour récolter la pédofaune	iii
Annexe 4 : Photographies d'identification des individus	iv

# TABLE DES FIGURES

---

Figure 1 : Processus de fonctionnement du sol	2
Figure 2 : L'organisation des différents niveaux trophiques du sol	3
Figure 3 : Cartographie des zones de prélèvements	12
Figure 4 : Photographie pendant le prélèvement d'un échantillon	13
Figure 5 : Photographie de l'expérience Berlèse	14
Figure 6 : Pesée de la quantité de terre à incorporer pour l'expérience	14
Figure 7 : Photographie lors de la méthode de prélèvement au tamis	14
Figure 8 : Photographie pendant l'identification des individus à la loupe binoculaire	15
Figure 9 : Graphique représentant les résultats obtenus	19

# TABLE DES TABLES

---

Tableau 1 : Classification de la pédofaune selon la taille des organismes	3
Tableau 2 : Groupes fonctionnels de la faune du sol en fonction des types d'activités	7
Tableau 3 : Identification des individus	16
Tableau 4 : Identification taxonomique des individus	18
Tableau 5 : Habitats préférentiels des individus recueillis et leurs zones de prélèvements	20

# INTRODUCTION

---

La gestion durable des sols est au cœur des enjeux climatiques, alimentaires et sanitaires (Clause et al., 2022). En effet, 15 cm de sol met environ 3600 ans à se former alors que l'humain peut dégrader ces 15 cm en seulement 36 ans avec une anthropisation des sols de plus en plus forte. Les organismes vivants dans le sol jouent un rôle très important dans sa qualité et son fonctionnement, à travers des activités de décomposition ou encore de transport de matière. Aujourd'hui, seul 1% de cette pédofaune est connue, or dans une cuillère de sol sol plus d'un million d'organismes vivants sont présents (Grellier, 2021). D'après les estimations actuelles, la pédofaune représente plus de 80 % de la biodiversité animale (Deprince, 2003). Le développement de cette pédofaune dépend fortement de la végétation et des propriétés du sol, et donc de la gestion des milieux.

Dans un contexte de lutte contre le changement climatique et de transition énergétique et environnementale, une des stratégies européennes et françaises est de développer l'énergie d'origine renouvelable, notamment à travers la création de parcs photovoltaïques (voir annexe 1 pour le fonctionnement d'un panneau solaire) : "cet objectif nécessite le doublement de l'énergie d'origine renouvelable consommée en Union Européenne par rapport à 2014" (Calidris et al., 2019). La création de ces parcs nécessitent de grands espaces et constituent une menace potentielle pour le sol et sa faune. L'un des enjeux de la France est donc de concilier "les objectifs de la Programmation Pluriannuelle de l'Énergie, tout en répondant aux objectifs d'absence de perte de biodiversité et aux engagements européens qu'elle a pris" (Calidris et al., 2019).

A partir de ces constats, nous pouvons nous demander comment et en quoi un parc photovoltaïque en exploitation modifie la pédofaune ?

Tout d'abord, une étude bibliographique de l'état des connaissances actuelles sur la pédofaune, ses actions sur le sol ainsi que sur l'anthropisation grandissante des sols est nécessaire. Ensuite, un état des connaissances sera fait sur les liens possibles entre un parc photovoltaïque en exploitation et ses conséquences, positives ou négatives, sur le sol et la pédofaune. Cet état de connaissance sera appuyé par une expérience sur le terrain ayant pour but d'analyser la pédofaune présente en différents lieux d'un parc en exploitation. Enfin, des interprétations et discussions des résultats obtenus suite à l'expérimentation seront formulées à la fin de ce rapport.

# 1. Etat des connaissances

## 1.1. Processus de fonctionnement du sol

La pédofaune est au cœur du processus de fonctionnement du sol. En effet, c'est grâce aux détritivores et décomposeurs que la matière organique générée par la faune et la flore est dégradée dans le sol. Ce processus, nommé minéralisation primaire, transforme la matière organique en eau, CO<sub>2</sub> et sels minéraux (nitrates, soufre réduit et phosphate). Ces éléments deviennent ensuite assimilables par les plantes (nutrition) et qui, elles même, sont assimilables par la faune. Le cycle reprend ensuite (voir la figure 1 ci-dessous). Il peut également intervenir dans ce cycle une minéralisation secondaire avec la formation d'humus qui stocke momentanément la matière organique qui donnera, de même que pour la minéralisation primaire, des éléments nutritifs pour la flore. Ce cycle repose donc sur le travail de la pédofaune (Agricultures et territoires - Chambre d'agriculture Occitanie, 2011).

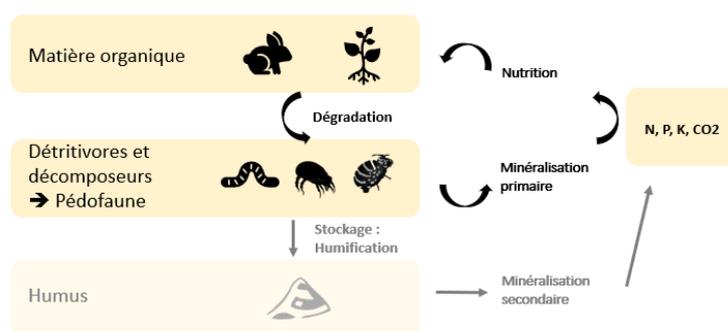


Figure 1 : Processus de fonctionnement du sol - © L. Beauchesne

## 1.2. La pédofaune

### 1.2.1. Définition

La pédofaune correspond à l'ensemble de la faune réalisant tout ou une partie de son cycle de vie dans le sol. Cette faune peut être classée selon la taille des organismes. Il s'y trouve la microfaune, la mésofaune et la macrofaune. La microfaune regroupe les organismes d'une taille inférieure à 0,02 mm. Dans cette catégorie se trouve par exemple les protozoaires (organisme unicellulaire), les rotifères terrestres, les nématodes (petits vers) et les tardigrades, qui se retrouvent essentiellement dans les mousses. Dans la mésofaune, il s'y retrouve les individus avec une longueur de corps de 0,02 mm à 2 mm. C'est le cas des microarthropodes (collemboles, acariens et les enchytréides) qui se transportent à travers les macropores entre le sol et la litière. Et enfin, la macrofaune correspond aux organismes dont la longueur de corps est supérieure à la plupart des pores du sol (2 mm) (Lavigne, 2008). En France, ce sont surtout les vers de terre et les macroarthropodes qui sont présents dans ce groupe (voir la classification de la pédofaune dans le tableau 1) (Deprince, 2003). Il faut rajouter la mégafaune à ces trois groupes. Elle est représentée par les vertébrés comme les taupes. Il faut également noter que la classification par taille dépend du stade de vie de

l'individu, par exemple, un ver de terre appartient à la mésofaune avant l'âge adulte et à la macrofaune à l'âge adulte (Hedde, 2018).

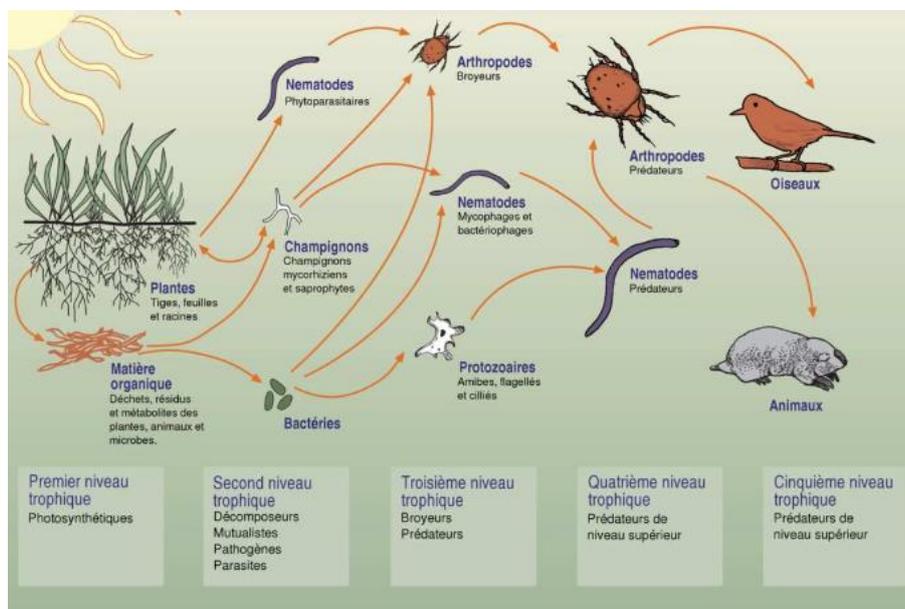
Cette classification par rapport à la taille a donc été souvent remise en cause au profit d'autres classifications basées sur les caractères génétiques et phénotypiques, appelés les niveaux systématiques : règne, embranchement, classe, ordre, famille, genre et l'espèce (Métral, 2007). Il existe également des classifications pour les vers de terre en trois groupes éco-morphologiques en fonction de la profondeur du sol dans laquelle ils évoluent : les épigés (en surface), les endogés (en profondeur) et les anéciques (cherchent la nourriture à la surface et la distribue en profondeur) (Hedde, 2018) (Rovillé, s.d.). D'autres classifications sont proposées selon leurs milieux de vie, les ressources qu'ils offrent (alimentation et habitat), le régime alimentaire, les adaptations morphologiques, la position dans le sol, les modes de progression ainsi que la durée de présence dans le sol (Métral, 2007).

**Tableau 1 : Classification de la pédofaune selon la taille des organismes**

Sources : (Grellier, 2021) (Hedde, 2018)

Microfaune	Mésifaune	Macrofaune
< 0,2 mm	Entre 0,2 et 2 mm	> 2 mm
Nématodes Rotifères Protozoaire Tardigrades	Microarthropodes (Collemboles, acariens) Enchytréides	Macroarthropodes (Araignée, cloportes ...) Ver de terre

Cette pédofaune est organisée en cinq niveaux trophiques (figure 2). Le troisième niveau trophique regroupe les prédateurs microphages et le quatrième les prédateurs macrophages (Grellier, 2021) (Lavigne, 2008).



**Figure 2 : L'organisation des différents niveaux trophiques du sol**

© Les Enfants de Gaïa, Gardiens de la Terre, Semeurs de Vie, Passeurs d'Espoirs

La diversité et la quantité de pédofaune est influencée par des facteurs abiotiques comme l'humidité, la porosité, et la texture du sol, le degré d'acidité ou pH, la nature chimique des litières, le pouvoir osmotique des solutions, le potentiel d'oxydoréduction, la nature des argiles, la lumière, la salinité et même les champs électriques (Bachelier, 1978).

## 1.2.2. Ses actions sur le sol

La pédofaune peut agir et modifier de différentes manières le sol. En effet, à travers divers mécanismes elle a un possible impact positif ou dans certains cas négatifs, aussi bien sur les propriétés chimiques du sol, en modifiant sa composition, que sur ses propriétés physiques, en impactant sa structure, ou encore biologiques (Grellier, 2021) (Métral, 2007) .

Quatre principales fonctions écosystémiques des organismes du sol se distinguent : le recyclage des nutriments, la structuration du sol, le contrôle des bioagresseurs et la modification des interactions entre plantes (Hedde, 2018) .

### 1.2.2.1. Recyclage des nutriments

La pédofaune, et en particulier les vers de terre, joue un rôle important dans la nutrition et donc la croissance des plantes à travers le recyclage des nutriments. En effet, les organismes peuvent jouer sur la disponibilité en nutriments dans le sol, c'est le cas notamment des vers de terre qui modifient surtout la disponibilité en azote, ce qui a un impact positif sur les plantes. Ils seraient à l'origine de 10 à 30% de l'azote assimilé par les plantes en fonction de la végétation considérée et du climat (Hedde, 2018) (Poinsot, 2006).

Les vers de terre ont la capacité d'apporter de l'azote au sol à travers les turricules qu'ils produisent, issues de la minéralisation de la matière organique qu'ils ont ingéré, qui sont très riches en ammoniac au début et qui se nitrifient en vieillissant. Les turricules constituent donc un siège pour la dénitrification, mais également à travers les galeries qu'ils forment. Ces galeries sont tapissées de mucus et de déjections, elles aussi riches en nitrate et ammonium et elles possèdent un plus grand nombre de bactéries nitrifiantes et dénitrifiantes que dans le reste du sol. Cela permet un transport plus facile du nitrate vers la profondeur du sol, où les conditions pour la nitrification sont plus difficiles. Les vers de terre peuvent également contribuer à modifier la disponibilité en phosphore grâce aux turricules et au mucus qui contiennent aussi des quantités de phosphore plus fortes que celles dans le reste du sol (Hedde, 2018) (Rovillé, s.d.).

D'autres organismes du sol peuvent également contribuer à la disponibilité des nutriments, par exemple les nématodes, par action de broutage des microorganismes, participent à l'augmentation de la disponibilité de ces nutriments et de leurs prélèvements par les plantes. De même, les collemboles, à travers le broutage des champignons, contribuent à une disponibilité d'azote plus forte (Hedde, 2018). Certains organismes du sol, appelés « ingénieurs », ont la capacité de remonter du matériau provenant des couches profondes du sol et ainsi d'enrichir le potentiel chimique (Métral, 2007).

### 1.2.2.2. Dynamique de la structure du sol

La pédofaune a la capacité de modifier la structure du sol et de participer à sa stabilité, notamment à travers la formation de biostructures et biospores (Hedde, 2018) (Métral, 2007).

Tout d'abord, certains organismes participent à cette modification du profil du sol en creusant des galeries et en se frayant des chemins dans le sol. Trois types d'organismes se distinguent dans la réalisation de cette activité « fousseuse » :

- Les organismes fousseurs comme les taupes, qui creusent avec leurs pattes
- Les organismes mineurs, tels que les fourmis, qui creusent avec leurs mandibules ou leurs dents et transportent de la terre vers l'extérieur ou la repoussent derrière eux
- Les organismes tunnelier, par exemple les mille-pattes ou les vers de terre, qui creusent des galeries en utilisant des porosités existantes et en forçant le passage ou en rejetant la terre consommée sous forme de déjections.

Ces activités sont conditionnées par de nombreuses caractéristiques environnementales telles que la compaction du sol ou la teneur en matière organique. Les galeries ainsi formées jouent un rôle important dans le fonctionnement hydrique des sols notamment en permettant une circulation et infiltration facilitées de l'eau. Elles permettent également une meilleure aération du sol et facilitent la pénétration des racines dans le sol (Hedde, 2018) (Métral, 2007) (Rovillé, s.d.).

Ensuite, les organismes du sol peuvent produire des agrégats au cours de l'ingestion des particules de sols combiné à de la matière organique et minérale dans leurs tubes digestifs, qui seront excrétés sous forme de déjections soit directement dans le sol ou à sa surface (turricules). Cette production d'agrégats joue plusieurs rôles dans la structure du sol, notamment elle agit sur la régulation hydrique, de manière positive en améliorant la capacité de rétention en eau du sol et les déjections impactent directement la compaction des sols (Deprince, 2003) (Hedde, 2018) (Métral, 2007).

Enfin, la pédofaune participe au maintien structural des agrégats, c'est le cas de microorganismes comme les bactéries et les champignons qui constituent une « colle » entre les agrégats. C'est également le cas d'invertébrés tels que les lombriciens qui permettent d'augmenter « la taille des agrégats, la quantité d'agrégats stables et leur distribution en stimulant l'activité microbienne et en enrichissant en carbone organique leurs déjections » (Hedde, 2018).

### 1.2.2.3. Contrôle des bioagresseurs

Les organismes du sol, par différentes activités, peuvent modifier les relations entre les plantes et leurs bioagresseurs souterrains et aériens.

Tout d'abord, la pédofaune joue un rôle dans la régulation des adventices. En effet, certains organismes ingèrent et distribuent spatialement et temporellement des graines, c'est le cas des vers de terre, qui favorisent une distribution horizontale mais aussi verticale de ces graines. Leur mucus peut influencer négativement sur les graines en entraînant un retard de germination, par exemple, dû à la forte présence d'ammonium, les préférences des vers de terre a donc des conséquences sur la compétition entre plantes (Hedde, 2018).

Ensuite, les organismes du sol participent à l'atténuation de l'effet des ravageurs aériens et permettent ainsi au sol de mieux se défendre face à ces bioagresseurs. Les organismes appelés « auxiliaires de cultures », c'est-à-dire qui ont des effets positifs pour l'agriculture, tels que les carabes ou les araignées, sont des prédateurs présents à la surface du sol qui luttent contre les herbivores ravageurs qui se retrouvent au sol soit à leur stade larvaire soit au cours d'une chute. De même les bioagresseurs souterrains influent sur la survie, la fécondité et la croissance des herbivores aériens en consommant des racines. Les bioagresseurs aériens et souterrains peuvent donc avoir des effets l'un sur l'autre (Hedde, 2018) (Lavigne, 2008).

Enfin, par activités de broutage des champignons pathogènes par les fongivores présents dans le sol, la faune du sol participe à la régulation des populations de pathogènes. C'est le cas des collemboles qui ingèrent des champignons, dont des pathogènes, après passage dans le tube digestif il y a très peu de risque de transmission d'une maladie à un végétal. A l'inverse, certains organismes sont des disséminateurs, notamment de pathogènes, tels que les fourmis ou les escargots (Hedde, 2018).

### 1.2.2.4. Modification de l'interaction entre les espèces

La pédofaune peut contribuer à modifier les interactions entre espèces. En effet, elle a la capacité de s'opposer à la dominance d'une plante ou au contraire d'augmenter la croissance et les performances d'une autre plante. Dans ce cas, l'effet des organismes du sol dépend du type de plantes. Par exemple, les turricules formés par les vers de terres modifient l'environnement physique des racines et impactent fortement « la structuration des communautés de plantes en affectant spécifiquement certains groupes fonctionnels (herbacées vs légumineuses) ». De même les rhizophages impactent certains végétaux en consommant leurs racines plutôt que d'autres. L'herbivorie peut impacter les végétaux sur le long terme et entraîner une modification de compétitivité entre certaines espèces ou augmenter la capacité de résistance d'une plante à une prochaine attaque (Hedde, 2018).

De manière plus précise, les organismes du sols peuvent être regroupés par groupes fonctionnels en fonction de leurs types d'activités et fonctions dans le sol (tableau 2).

Tableau 2 : Groupes fonctionnels de la faune du sol en fonction des types d'activités

Source : (Hedde, 2018)

Caractéristiques	Ingénieurs chimiques	Régulateurs biologiques	Ingénieurs de l'écosystème
Principaux organismes	Bactéries, champignons	Protozoaires Nématodes Acariens Collemboles Carabes	Fourmis Termites Vers de terre
Fonctions	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Décomposition de la matière organique</li> <li>- Minéralisation et libération de nutriments</li> <li>- Dégradation des composés toxiques</li> <li>- Transformation de la litière et décomposition de la matière organique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Régulation des communautés microbiennes</li> <li>- Régulation de la disponibilité en nutriments</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Création et stabilité des habitats dans le sol</li> <li>- Modification des propriétés physiques</li> <li>- Accumulations de la matière organique</li> <li>- Compaction et décompaction du sol</li> <li>- Formation des sols</li> </ul>

### 1.3. L'anthropisation et l'occupation sol

Les sols sont de plus en plus occupés et anthropisés pour diverses fonctions et principalement pour l'agriculture et le bâti mais aussi pour l'extraction de pierre.

#### 1.3.1. L'agriculture

Dans le cas de l'agriculture, cette anthropisation est néfaste pour la pédofaune en raison de l'utilisation des pesticides. En effet, l'utilisation accrue de pesticides provoque la dégradation de la biodiversité des sols. Les produits phytosanitaires parviennent jusqu'au sol et touchent les bactéries, les algues, les vers de terre, les champignons, ainsi que les insectes. Ces dégradations emmagasinées ont un effet nuisible sur la fertilité du sol. Des études ont démontré que l'emploi répété de pesticides a pour conséquence la diminution des effectifs d'insectes et autres invertébrés du sol (Babaci et Oudjoudi, 2019). Par ailleurs, le labour et le travail du sol en agriculture est très répandu afin de désherber et d'accélérer la minéralisation et ainsi de réduire la perte d'azote par volatilisation. Cette technique ancestrale est nocive pour la pédofaune car elle réduit la diversité (Projet SEBIOREF, 2018). Par exemple, le labour peut réduire le peuplement de vers de 70 % en 5 ans (Bachelier, 1978). En effet, une baisse de la densité et de l'abondance de la faune du sol a lieu par des impacts directs avec des blessures mécaniques, la dessiccation des cocons, l'exposition aux oiseaux prédateurs ou encore à cause de la compaction du sol et de la diminution de la teneur en oxygène. Des impacts indirects agissent également sur la pédofaune. Il s'y trouve par exemple la destruction des galeries ainsi que l'enfouissement de la matière organique en profondeur et la diminution de la litière à cause de la compaction du sol. Cela modifie la distribution des ressources et les conditions du milieu (température et humidité). Par ailleurs, la modification de la structure du

sol conduit la pédofaune à dépenser de l'énergie pour la création de nouvelles galeries, au détriment de la croissance ou de la reproduction (Projet SEBIOREF, 2018).

### 1.3.2. Le bâti et l'exploitation de carrière

Dans le cas du bâti, la minéralisation de l'espace et son emprise sur le sol provoquent la modification ou la disparition des habitats naturels. De plus, il y a une modification ou une coupure des axes de déplacement de la pédofaune à cause des clôtures et autres infrastructures complémentaires. Par conséquent, la pédofaune est fortement impactée par le bâti (THEMA Environnement, 2013). Concernant l'exploitation de carrière, l'extraction de roche a lieu après avoir enlevé toutes les couches de terrains inexploitable. Ces couches représentent les végétaux, la terre et les roches stériles (non exploitables) qui sont situées au-dessus des niveaux de roches à exploiter. Ces couches peuvent représenter jusqu'à une dizaine de mètres (Combasson, 2020). Au même titre que pour le bâti et l'agriculture, l'exploitation de carrière modifie et détruit les milieux naturels, y compris les sols. Par conséquent, ces anthropisations tuent mécaniquement la pédofaune du site et/ou la conduit à dépenser plus d'énergie pour reconstruire et s'adapter à son nouveau milieu de vie (Projet SEBIOREF, 2018).

Cependant, comme il a été indiqué précédemment dans cette partie, la pédofaune est essentiellement au sol pour se régénérer. L'anthropisation des sols met donc à mal la survie de la pédofaune locale et ainsi l'écosystème du sol. Or, en terme général, et comme il a été mis en évidence dans le rapport de l'année dernière par Monsieur Villeneuve et Madame Guyader, l'installation de panneaux solaires a un fort impact sur la faune pendant les phases de construction, d'exploitation et de destruction.

D'après les recherches bibliographiques, la pédofaune participe au bon fonctionnement de l'écosystème du sol à travers différents mécanismes, activités et actions. Cependant, l'anthropisation des sols modifie, voire détruit, l'habitat de vie de la pédofaune ce qui conduit à la mort des individus.

Or, dans la politique de développement des énergies renouvelables actuelles, les parcs photovoltaïques sont au cœur de la transition écologique. L'objectif français est d'émettre une production photovoltaïque entre 18,2 et 20,2 GW en 2023 contre 7,1 GW en 2016. Pour atteindre cet objectif, la France a mis en place une accélération du développement de la filière photovoltaïque comparé à la cadence de développement des années précédentes. Cependant, le développement de filière induit la multiplication des parcs et par conséquent l'anthropisation des sols (Gouvernement, 2023). Dans cette deuxième partie, un focus sera effectué sur cette thématique, d'une part à l'aide d'une étude bibliographique et d'autre part avec une expérience de terrain afin de comprendre dans quelles mesures un parc photovoltaïque impacte la pédofaune.

## 2. Impacts des panneaux photovoltaïques sur la pédofaune

### 2.1. Recherches bibliographiques

#### 2.1.1. Impacts négatifs

##### 2.1.1.1. Dérangement de la faune en phase chantier et de démantèlement

La phase de travaux d'installation des panneaux solaires a de forts impacts sur la faune présente sur le site et sur les lieux alentour. Ces dérangements sont provoqués par les déplacements d'engins, les vibrations, l'émission de bruit, de poussière et le risque, temporaire, de pollution accidentelle des sols en cas de déversements de produits dangereux ou d'une fuite par exemple. Le passage d'engins et la perturbation des sols peut également entraîner l'introduction d'espèces exotiques envahissantes (ADEV Environnement, 2015) (Calidris et al., 2019) (LPO, 2022). De plus, la topographie du site peut être modifiée par des infrastructures de drainages pour détourner l'écoulement de surface. Enfin, de fortes modifications du milieu peuvent avoir lieu avec des enlèvements et nivellement de la végétation au cours de l'installation (France Nature Environnement, 2022) (Lovich et Ennen, 2011) .

Pour les espèces mobiles, comme les mammifères et les oiseaux, ils ont la possibilité de se reporter vers des milieux connexes avec des conditions écologiques similaires (THEMA Environnement, 2013). Cependant, ce n'est pas le cas de la pédofaune qui n'a pas la possibilité de partir de la zone assez rapidement. La faune du sol est directement tuée par le déplacement des engins, la construction d'infrastructures et par la compaction des sols par les engins lourds de travaux (LPO, 2022). Par ailleurs, l'habitat de la pédofaune et ses activités sont très fortement impactées par cette anthropisation avec la modification de la dynamique du sol, de la densité et du taux d'infiltration du sol, la modification du ruissellement et de l'écoulement de l'eau ainsi que l'augmentation de la vulnérabilité à l'érosion. Au même titre que vu précédemment pour les effets de l'agriculture et du bâti sur la faune du sol, le cycle de vie de la pédofaune est alors perturbée : succès de reproduction réduit, comportement de recherche de nourriture altéré, risque accru de prédation et communication dégradée entre individus. Ces effets indirects conduisent à la mort de certains individus, en phase de chantier, l'impact sur la pédofaune peut donc être considéré comme fort (ADEV Environnement, 2015) (Lovich et Ennen, 2011).

##### 2.1.1.2. Impacts dus à la présence, à l'exploitation et à la maintenance des installations

La pédofaune est particulièrement impactée au cours de la phase de travaux, cependant elle est aussi sujette à de nombreux impacts pendant la phase d'exploitation des parcs photovoltaïques et l'entretien des installations.

L'impact le plus néfaste pour la biodiversité correspond à la perte et la fragmentation de l'habitat engendrées par les barrières clôturant les parcs pour des raisons de sécurité et les pylônes portants les panneaux (Brena et al., s.d.) (Lovich et Ennen, 2011). Il y a donc création d'obstacles à la libre circulation, des ruptures de continuité, d'interconnexions et donc une perte de diversité ainsi qu'une modification du fonctionnement des écosystèmes (Brena et al., s.d.) (France Nature Environnement, 2022) (Lovich et Ennen, 2011). Ce type d'impact peut s'appliquer à la pédofaune cependant il reste une problématique majeure surtout pour la faune en général.

- Phase d'exploitation

Pendant la phase d'exploitation, la faune du sol peut être exposée à quatre principales sources d'impacts négatifs :

- La génération de champs électromagnétiques
- L'exposition aux bruits
- La modification du microclimat sous les panneaux
- Le risque d'incendies (France Nature Environnement, 2022) (Lovich et Ennen, 2011)

Les parcs photovoltaïques ayant pour but de produire et distribuer l'électricité, ils nécessitent la mise en place d'un grand réseau de câbles enterrés et aériens et installations électriques. Ce sont ces dernières qui peuvent être à l'origine de la génération de champs électromagnétiques, créés par le courant et la tension, lorsque l'électricité les parcourt. Ce champ serait susceptible d'impacter la pédofaune par exemple en créant des dommages au niveau du système nerveux ou en provoquant une altération de la fertilité, cependant peu d'informations sont encore disponibles pour évaluer le réel impact de ces champs sur la faune (France Nature Environnement, 2022) (Lovich et Ennen, 2011).

De plus, les parcs photovoltaïques en exploitation peuvent émettre des bruits notamment à travers les onduleurs et transformateurs généralement installés dans un local. Les impacts de ces bruits sur la pédofaune peuvent se traduire par des changements dans l'utilisation de leurs habitats, des changements dans leurs comportements, dans leurs habitudes d'activités, une augmentation du stress ou encore une réduction de leur succès reproducteur. Cependant, les émissions sonores de telles installations restent tout de même relativement faibles (France Nature Environnement, 2022) (Lovich et Ennen, 2011).

Ensuite, l'implantation de panneaux photovoltaïques entraîne la modification du microclimat notamment sous les panneaux (Gibson et al., 2017). En effet, les panneaux ont pour conséquence de créer des zones d'ombre et de concentration d'eau cela a pour effet de modifier les conditions microclimatiques et d'obtenir des milieux humides voire très humides, peu lumineux, avec des températures de l'air et du sol plus fraîches qu'entre les panneaux et où il est observé une diminution de l'évaporation (Calidris et al., 2019) (LPO, 2022) (Makaronidou, 2020). Ces nouvelles conditions peuvent avoir des effets aussi bien positifs que négatifs sur la pédofaune et le maintien des espèces initialement présentes, en fonction du milieu et des traits bioécologiques des espèces (Gibson et al., 2017). Par exemple, le microclimat sous les panneaux est fortement défavorable pour les plantes héliophiles et xérophiiles, c'est-à-dire qui ont besoin de soleil et qui sont adaptées aux milieux plutôt secs et pauvres en eau, il en est de même avec la pédofaune (Calidris et al., 2019) (Gasparatos et al., 2017) (Lovich et Ennen, 2011).

Enfin, comme tous systèmes produisant de l'électricité et de la chaleur, les parcs photovoltaïques présentent un risque potentiel d'incendie, ce qui aurait pour conséquence de tuer la pédofaune présente (Lovich et Ennen, 2011).

- Phase d'entretien

Pendant les phases d'entretien et de maintenance des installations, la faune du sol peut également être soumise à plusieurs impacts négatifs tels que la mortalité ou le risque de tassement, ces risques sont semblables à ceux évoqués plus haut pendant la phase de travaux des parcs. En effet, l'entretien peut nécessiter l'utilisation de véhicules pouvant entraîner un tassement et la mortalité de la faune (ADEV Environnement, 2015) (France Nature Environnement, 2022) (Lovich et Ennen, 2011). De même, les modes de gestion, telles que la tonte, qui entraîne des vibrations dans le sol, les travaux de débroussaillage entre et sous les panneaux, le nettoyage ou encore l'usage de dépolluants et d'herbicides pour maintenir le rendement des panneaux et contrôler la végétation en place impactent la vie de la pédofaune. Il est à noter que l'usage de dépolluants ou d'herbicides est contrôlé en France et est très limité, l'usage de l'eau est donc préféré lorsqu'un nettoyage des panneaux est nécessaire (France Nature Environnement, 2022) (LPO, 2022).

## 2.1.2. Impacts positifs

### 2.1.2.1. En phase chantier et de démantèlement

Il n'y a pas d'effets positifs avérés sur le sol et la pédofaune au cours de la phase de chantier pour mettre en place les parcs photovoltaïques et au cours du démantèlement de ces derniers (Lovich et Ennen, 2011).

### 2.1.2.2. Pendant la phase d'exploitation

Il est important de noter que la pédofaune n'est pas présente en même quantité et en même diversité dans tous les milieux. Par exemple, les milieux fermés, milieux forestiers, possèdent une litière de 5 à 6 cm suivie d'une couche minérale avec un peu d'humus. Le pH moyen de ce milieu est de 4,5 (acide). Or, la pédofaune est essentiellement les vers de terre préfèrent les milieux à pH neutres. A contrario, les milieux ouverts comme les prairies sont des milieux très favorables à la pédofaune avec l'absence de couche et un pH de 6,5 (Le jardin comestible, 2015). Par conséquent, la création d'un parc photovoltaïque crée un milieu ouvert, il est donc supposable que ce nouveau milieu soit favorable à la pédofaune (France Nature Environnement, 2022).

De plus, les parcs photovoltaïques pourraient avoir fonction de refuge pour la faune et pédofaune notamment les araignées, les coléoptères, diptères et hyménoptères. Cette fonction serait liée à la création de différents micro-habitats par la présence des panneaux, mais aussi par la mise en place de mesures de gestion du milieu et l'absence d'utilisation de produits phytosanitaires (France Nature Environnement, 2022).

De même, comme vu précédemment au niveau des impacts négatifs, la modification des microclimats sous les panneaux peut être favorable à certaines espèces de pédofaune

préférant les milieux humides et peu ensoleillés, c'est le cas par exemple des cloportes, qui se verront avantagés avec ce nouveaux microclimats (Auclerc, 2020) (Gibson et al., 2017).

## 2.2. Expérience

Afin d'étudier l'impact que possède un panneau solaire sur la pédofaune, il est intéressant de mettre en place une expérience qui compare la pédofaune présente sous les panneaux solaires, dans les rangs et en bordure du parc. Le but serait de connaître en quoi la présence de panneaux photovoltaïques impacte la pédofaune.

### 2.2.1. Hypothèse

Avant de réaliser les recherches bibliographiques, la toute première hypothèse était que la pédofaune préfère les milieux extérieurs aux panneaux solaires (bordure). En effet, la supposition était que l'anthropisation d'un milieu ne peut pas être favorable à l'environnement. Or, d'après les recherches bibliographiques sur les conditions de vie de la pédofaune, cette dernière a besoin de vivre dans un milieu humide, riche en matière organique, oxygéné et préfère les milieux ouverts avec un pH neutre ou très peu acide (Hedde, 2018) (Page, 2022). Ces caractéristiques semblent correspondre au micro-climat formé par la présence de panneaux solaires. Par conséquent, nous avons pris l'initiative de réaliser une expérience pour relever la pédofaune présente sur un parc photovoltaïque afin de confirmer les résultats bibliographiques.

### 2.2.2. Échantillonnage : matériels et méthodes

Afin d'obtenir des résultats représentatifs du site d'étude et des conséquences de l'installation des panneaux solaires, un prélèvement sous et à côté des panneaux solaires ont été réalisés. Par ailleurs, afin d'obtenir des résultats d'une zone neutre et pouvoir les comparer, nous avons dans un premier temps pensé à réaliser des prélèvements sur une zone voisine avec la même pédologie et le même historique que le site avant l'implantation du parc. Cependant, il était trop complexe de contacter les propriétaires des sites voisins afin d'obtenir une autorisation. C'est pour cela que nous avons pensé aux bordures du site pour effectuer les prélèvements référentiels (voir les zones de prélèvement en figure 3). Afin d'avoir des résultats significatifs, les zones de prélèvements ne devront pas avoir subi l'influence d'un milieu adjacent, tels que de l'agriculture intensive. Les prélèvements ont été réalisés en surface.

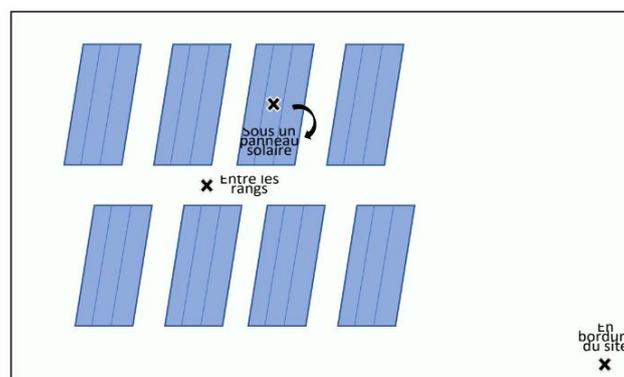


Figure 3 : Cartographie des zones de prélèvements - © L. Beauchesne

L'échantillonnage a eu lieu le 30/11/2022 à partir de 15h55 sur l'ancien site d'exploitation de carrière à Contres (41 700). Il faisait 7 °C, avec un vent léger, une forte couverture nuageuse (75-100%) et un sol humide malgré qu'il ne pleuvait pas à ce moment-là (vous retrouverez la fiche terrain utilisée ce jour-là en annexe 2). Nous avons été contraints par les autorisations des exploitants pour accéder au lieu, c'est pour cela que des relevés n'ont pu être réalisés qu'une unique fois. Il ne s'agit donc pas d'une expérience sur le long terme avec des comparaisons.

Pour réaliser les échantillons (voir figure 4), le matériel utilisé a été :

- Un mètre pour définir la surface de prélèvement
- Deux pelles pour prélever la terre
- Des gants afin de protéger les mains d'éventuelles égratignures pendant le prélèvement
- Des sacs de congélation pour insérer et conserver la terre pendant le transport et en attente de l'extraction de la pédofaune. Ces sacs sont restés fermés afin de ne pas modifier les conditions du milieu.
- Un marqueur afin de noter les lieux de prélèvements sur les sacs



Figure 4 : Photographie pendant le prélèvement d'un échantillon

Sur chaque sac de congélation contenant un échantillon de terre, nous avons indiqué la date et la zone de prélèvement afin qu'aucune erreur ne puisse avoir lieu. Les prélèvements ont été pris jusqu'à 15 cm de profondeur.

### 2.2.3. Protocole d'extraction de la pédofaune : Méthode Berlèse

La méthode non spécifique de Berlèse Tullgren est la plus adaptée pour extraire la microfaune du sol (Vannier et al., 2022). Le principe est de placer un volume de terre dans un entonnoir, dont le trou de sortie est fermé par un grillage, et de le soumettre à la chaleur d'une lampe à incandescence. La faune, chassée par le sec et une forte chaleur, va migrer et se réfugier vers le fond de l'entonnoir et enfin va tomber à travers le grillage jusqu'à un récipient contenant un liquide conservateur (alcool à 70%) (figure 5) (Andriamampianina et al., 2018).

Pour cette expérience, voici le matériel nécessaire :

- 6 lampes qui produisent de la chaleur
- 6 grilles en métal qui permettent de ne pas faire tomber de la terre dans les flacons récepteurs
- 6 entonnoirs qui stockent les échantillons de terre
- 6 flacons récepteurs
- Une solution avec 500 ml d'alcool à 70 % et de solution conservatrice



Figure 5 : Photographie de l'expérience Berlèse

Cette partie de l'expérience a duré 5 jours, du 8 décembre au 12 décembre 2022, dans un laboratoire à la faculté Grandmont. Pour chaque zone (en bordure du site, sous les panneaux et entre les rangs), deux échantillons de 800 grammes de sol ont été placés sous les lampes (pesée réalisée, voir en figure 6). Les insectes tombés dans l'alcool ont été laissés pendant 3 jours, jusqu'au 15 décembre où nous les avons identifiés. En effet, la plupart des organismes piégés se conservent correctement dans de l'alcool à 70%. Les organismes à corps mou comme les vers de terre et les larves doivent être conservés dans du formol à 4% afin de conserver certaines caractéristiques comme leurs couleurs (Métral, 2007).



Figure 6 : Pesée de la quantité de terre à incorporer pour l'expérience

Afin de compléter l'extraction de la pédofaune de la méthode Berlèse, nous avons procédé à deux autres méthodes complémentaires :

- L'extraction manuelle : Cette extraction a été réalisée avant l'expérience afin de récupérer les vers de terre qui ne peuvent pas passer à travers la grille
- L'extraction au tamis : Cette extraction a eu lieu après l'expérience afin de vérifier qu'aucun individu n'est passé à travers les deux méthodes précédentes (figure 7).



Figure 7 : Photographie lors de la méthode de prélèvement au tamis

Certains individus sont restés coincés au niveau de la grille pendant la méthode Berlèse. Ils ont été comptabilisés comme récolté grâce à la méthode Berlèse et non en méthode manuelle car ils sont bel et bien descendus grâce à l'expérience.

D'autres méthodes que celle Berlèse avaient été envisagées pour répondre à cette problématique comme le piège Barber, l'arrosage de moutarde, la méthode Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) ainsi que la méthode des pièges grillagés de type Firobin. Le détail de ces méthodes se trouve en annexe 3. Nous avons écarté ces méthodes à cause de leur faible précision, de l'énergie nécessaire ou encore, comme indiqué ci-dessus, par contrainte de terrain : nous n'avons pu accéder au parc photovoltaïque qu'une unique fois.

#### 2.2.4. Méthodes d'identification

Après avoir extrait la pédofaune par les méthodes indiquées ci-dessus, nous avons identifié les individus à l'aide de plusieurs outils :

- 2 loupes binoculaires
- Plusieurs clefs de détermination (en ligne et en format papier)
- 9 boîtes de pétri

Afin d'identifier au mieux les individus, il est conseillé de les laisser dans l'alcool le temps de l'identification (Métral, 2007)

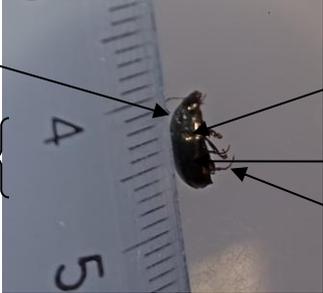


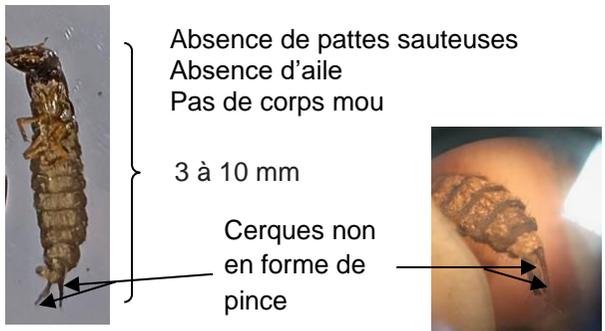
Figure 8 : Photographie pendant l'identification des individus à la loupe binoculaire

Le processus d'identification a eu lieu dans une salle du Département Aménagement (voir figure 8) et le processus utilisé pour chaque organisme se trouve en tableau 3. Par ailleurs, en annexe 4, se trouvent les photographies de tous les individus récoltés ainsi que les méthodes utilisées pour chaque.

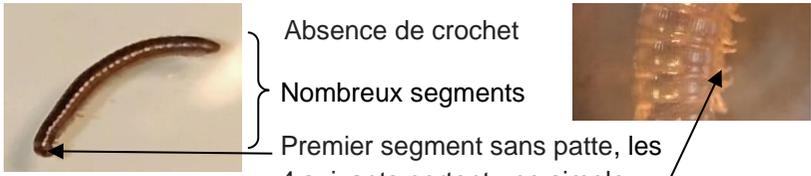
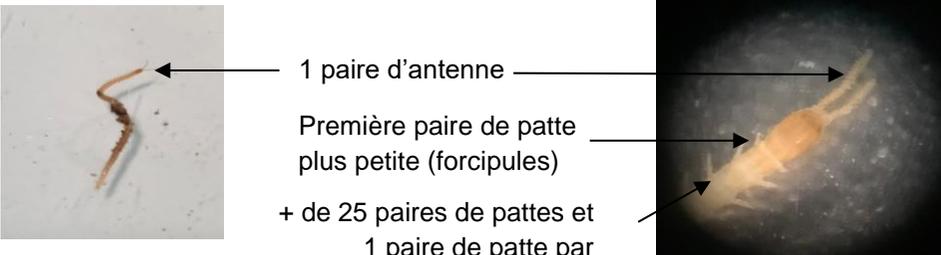
Tableau 3 : Identification des individus

<u>Détermination des vers de terre :</u>		
Vers anéciques :	Vers endogés :	Vers épigés :
 <p>Pas de clitellum (bague)</p> <p>Environ 15 à 20 cm</p> <p>Gros diamètre</p> <p>Tête sombre</p>	 <p>Peut avoir un clitellum</p> <p>Couleur plutôt claire ou verdâtre</p> <p>Entre 3 et 5 cm</p> <p>Tube digestif visible</p>	 <p>Taille inférieure à 5 cm</p> <p>Peut avoir un clitellum</p> <p>Petit diamètre</p> <p>Pas de gradient de couleur</p>
Sources : (Cluzeau, s. d.) et (OPVT, 2015)		

<u>Détermination des coléoptères</u>	
Larve de coléoptère :	Espèce amara Ovata :
 <p>Insecte à l'état larvaire</p> <p>Tête bien différenciée et visible</p> <p>3 paires de pattes</p> <p>Sources : (Le phylum arthropoda, 1990) et (Volkert, 2018)</p>	 <p>Forme ovoïde</p> <p>Taille entre 8 et 9,5 mm</p> <p>L'arrière du pronotum est lisse (partie dorsale supérieure)</p> <p>Elytres (aile dure et cornée) foncés avec des reflets métalliques verdâtres</p> <p>Pattes noirâtres, avec les tibias plus clairs</p> <p>Sources : (Quel est cet animal - La galerie, 2021) et (Volkert, 2018)</p>

<u>Détermination des gastropode</u>	<u>Détermination des entognatas</u>	<u>Détermination des isopodes</u>
Escargot	Diploure	Cloportes
 <p>Coquille arrondie en spirale</p> <p>Source : (Muséum national d'histoire naturelle, s. d.) ⇒ Pas suffisamment d'élément pour identifier plus loin que la classe</p>	 <p>Absence de pattes sauteuses Absence d'aile Pas de corps mou</p> <p>3 à 10 mm</p> <p>Cerques non en forme de pince</p> <p>Sources : (Le phylum arthropoda, 1990) (Volkert, 2018) et (Wikipedia, 2022b)</p>	 <p>14 pattes</p> <p>Possède une carapace, exosquelette rigide, segmenté</p> <p>Couleur jaunâtre à brun/gris pâle ou noir</p> <p>Source : (Le Monde, 2022)</p>

Détermination des myriapode : 1 seule paire d'antenne, segmentation du corps marqué

Diplopode	Géophilus
 <p>Absence de crochet</p> <p>Nombreux segments</p> <p>Premier segment sans patte, les 4 suivants portent une simple paire de pattes</p> <p>Et la suite 2 paires de pattes par segment (diplosegment)</p> <p>Sources : (Volkert, 2018) (Wikipedia, 2022a)</p>	 <p>1 paire d'antenne</p> <p>Première paire de patte plus petite (forcipules)</p> <p>+ de 25 paires de pattes et 1 paire de patte par segment</p> <p>Source : (Volkert, 2018)</p>

## 2.2.5. Résultats

L'identification des individus n'a pas pu aller jusqu'à l'espèce à cause de la dégradation des individus suite à l'expérience ainsi que le manque de clef de détermination. Cependant, il a été possible d'identifier la classe de chaque individu non dégradé. Pour cela, nous avons rangé les résultats obtenus dans le tableau 4 ci-dessous :

Tableau 4 : Identification taxonomique des individus

Identification taxonomique	Classe	Ordre	Famille	Genre	Espèce	Bordure	Inter-rangs	Dessous
<i>Type : Ver de terre inconnu</i>	Oligochètes	Haplotaxida	Annélidés	-			1	
<i>Type : Ver de terre épigé</i>	Oligochètes	Haplotaxida	Annélidés	-		5		
<i>Type : Ver de terre anécique</i>	Oligochètes	Haplotaxida	Annélidés	-			2	3
<i>Type : Ver de terre endogé</i>	Oligochètes	Haplotaxida	Annélidés	-			2	3
Escargots	Gastropode	-	-	-		5	7	21
Larve de coléoptère	Insecte	Coléoptère	-	-		1		
Espèce amara Ovata	Insecte	Coléoptère	Carabidacé	Amara Bonelli	Amara Ovata	1		
Diploure	Entognatha	Diploure	-	-	-		2	
Géophilus	Chilopodes - Myriapode	Geophilomorphes	Geophiladé	Géophilus	-			1
Myriapode	Myriapode	-	-	-	-		1	
Cloporte	Malacostraca	Isopoda	Cloporte	-	-			5
<i>Coque inconnue</i>	-	-	-	-	<i>Coque inconnue</i>	2	2	
					<b>TOTAL</b>	<b>14</b>	<b>17</b>	<b>33</b>

## 3. Discussion

### 3.1. Interprétations des résultats

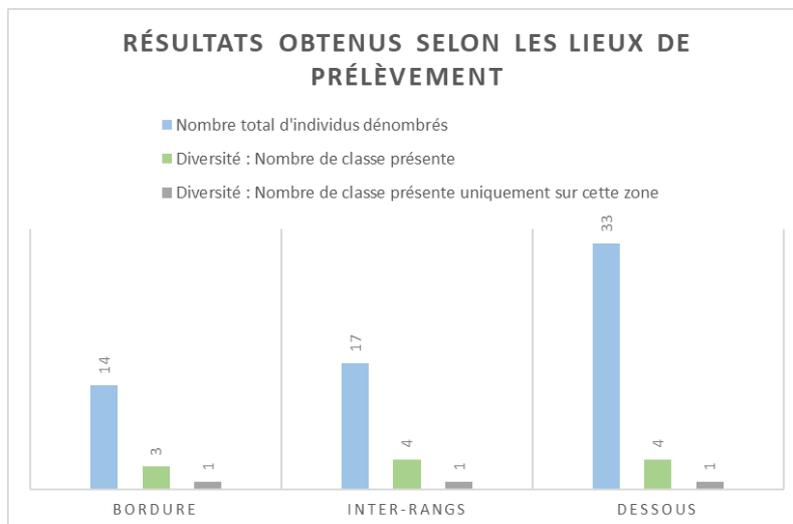


Figure 9 : Graphique représentant les résultats obtenus

#### 3.1.1. Nombre total d'individus dénombrés

D'après les résultats (figure 9 ci-dessus), il est possible de remarquer que le nombre total d'individus est nettement plus important pour la zone de prélèvement en-dessous des panneaux photovoltaïques, 33 individus, contre 14 pour la zone en bordure et 17 pour les inter-rangs. Par conséquent, compte tenu de la quantité de pédofaune présente sous les panneaux, il semble que l'habitat soit plus favorable à la pédofaune que celui en inter-rang et celui en bordure du site. De plus, il semble également que la zone en inter-rang soit plus favorable que celle en bordure (17 individus par rapport à 14). Pour le calcul de ce nombre brut, il a été pris en compte tous les individus prélevés, y compris ceux non identifiables comme les coques.

#### 3.1.2. Diversités

Pour la diversité, il aurait été pertinent de s'intéresser à la diversité spécifique avec l'indice de Shannon (Clause et al., 2022). Cependant, par manque de données, il n'a été possible de s'intéresser qu'au nombre de classes présentes par lieu de prélèvement. Concernant ce nombre, il est semblable sur les 3 zones, avec 3 classes pour la zone en bordure (oligochète, gastropode et insecte), 4 pour les inter-rangs (oligochète, gastropode, entognatha et myriapode) et également 4 sous les panneaux (oligochète, gastropode, myriapode et malacostraca). Il y a une classe en moins en bordure comparé aux deux autres sites. Il semblerait donc que le sol soit moins favorable en bordure du site qu'en inter-rangs ou en dessous des panneaux. Cependant, les résultats sont trop proches pour en tirer une

conclusion. De ce même principe, il y a une classe qui est unique à chaque site donc aucune conclusion ne peut être faite.

### 3.1.3. Habitats de vie des individus présents

Lors de nos prélèvements sur le terrain, nous avons pu observer que les états de surface des 3 zones étaient différentes et chacune avec ses particularités :

- > En bordure du site : Présence de matière fécale et de champignons
- > En inter-rangs : Disparité de la hauteur de l'herbe, milieu très humide, présence de fleurs, forte quantité de racine et distinction difficiles des horizons.
- > Dessous les panneaux : Peu de végétation, présence de dénivelés (cuvette), présence de nombreux fragments de roche, plus d'agrégats que sur les autres sites

Ces disparités entre les sites peuvent indiquer que l'installation de panneaux solaires influe sur l'état de surface et sur le sol. A la suite de nos expériences, nous avons donc supposé que l'installation de parc photovoltaïque crée un microclimat sous les panneaux solaires, ce qui a été confirmé par les recherches bibliographiques.

Tableau 5 : Habitats préférentiels des individus recueillis et leurs zones de prélèvements

Sources : (Auclerc, 2020), (Wikipedia, 2022b), (Wikipedia, 2023)

Individus	Habitat préférentiel	Présent en bordure	Présent en inter rang	Présent sous les panneaux
Vers de terre	Humide	X	X	X
Gastropode	Non spécifique	X	X	X
Coléoptère	Non spécifique, milieu tempéré	X		
Diploure	Humide, ombragé et chaud		X	
Myriapode	Humide et ombragé		X	X
Cloporte	Humide et ombragé			X

D'après le tableau 5 ci-dessus, qui synthétise les études bibliographiques sur les milieux de vie préférentiels et les résultats obtenus, les myriapodes et les diploures ont été recueillis sous les panneaux et entre les rangs et les cloportes seulement sous les panneaux. Or, ce sont des individus qui apprécient très peu la lumière et préfèrent les lieux humides et sombres (Auclerc, 2020). Par conséquent, le microclimat lié à l'implantation de panneau semble avoir un impact favorable à ces individus.

### 3.1.4. Conclusion de l'expérience

Pour donner suite à l'expérimentation que nous avons effectuée sur le terrain dans un parc photovoltaïque, trois facteurs ont été étudiés, le nombre total d'individus, la diversité et les habitats de vie des individus présents. Chacun de ces facteurs a mis en avant que les panneaux photovoltaïques semblent favorables à la pédofaune et en particulier l'environnement sous les panneaux car leurs présences créent un nouveau microclimat humide et ombragé.

## 3.2. Limite de ce travail de recherche et pistes d'amélioration

### 3.2.1. Recherches bibliographiques

Le principal frein à nos recherches bibliographiques a été le **peu de textes et études** relatif à l'impact des panneaux solaires sur la pédofaune. En effet, même les études d'impact pour la réalisation de parc ne prennent pas en compte la pédofaune dans les effets sur l'environnement. L'essentiel des recherches ont été faites pour la faune en général et principalement pour les insectes volants et les chauves-souris. Il aurait donc été pertinent de prendre le temps d'aller rencontrer un spécialiste de la pédofaune et pouvoir échanger avec lui sur les effets potentiels de l'installation de panneaux photovoltaïques. Pour pallier ce manque, nous avons donc cherché à faire des liens entre les besoins des organismes et les changements sur le sol opérés par les parcs.

### 3.2.2. Expérience

La démarche expérimentale possède de nombreuses limites. Pour commencer, lors du prélèvement de pédofaune sur le terrain, certains individus ont eu le temps de partir après avoir ressenti des vibrations sur le sol (c'est le cas des acariens par exemple). En effet, nous avons dû retirer la couche de végétaux en surface et creuser en profondeur. Cette phase de prélèvement a duré une dizaine de minutes pendant lesquelles la **pédofaune mobile a pu avoir le temps de s'échapper** verticalement ou horizontalement.

Par ailleurs, les **conditions météorologiques** du jour de prélèvement ont pu avoir des effets sur les prélèvements obtenus. Par exemple, comme il a été expliqué précédemment, chaque espèce possède ses habitats et ses conditions climatiques préférentielles. Par conséquent, les individus recueillis pendant l'expérience peuvent être très différents de ceux qui auraient pu être obtenus en plein été. Afin de compléter l'expérience et d'acquérir des résultats représentatifs du site, il aurait été pertinent de réaliser plusieurs prélèvements à des saisons et à des météorologies différentes. Malheureusement, les contraintes en temps et par les exploitants n'ont pas permis d'approfondir l'expérience de terrain.

D'autre part, le prélèvement de la pédofaune a été réalisé grâce à trois techniques : la méthode berlèse, complétée par une méthode de recherche manuelle ainsi qu'une méthode de recherche au tamis. Bien que les échantillons soient passés par chacune de ses méthodes, il n'est néanmoins pas impossible que des **individus soient passés à travers** dû à leurs très

petites tailles ou par erreur humaine. De plus, la microfaune est très difficilement repérable pour les yeux humains, il aurait été intéressant d'utiliser des méthodes complémentaires comme l'observation directe d'une zone de prélèvement au microscope. Malheureusement, le manque d'outil, de moyen et de temps a été un frein à la précision des résultats. De plus, ces techniques de prélèvements n'ont également pas permis de recueillir la mégafaune du sol, comme les taupes et les mulots.

Des contraintes de temps et d'outil ont également été un **frein au développement des recherches quant aux rôles des organismes** sur le sol. Il aurait été pertinent par exemple de s'intéresser au poids des individus pour estimer leurs besoins nécessaires pour se nourrir et la biomasse vivante au sein du milieu (Métral, 2007).

Enfin, pour les résultats obtenus, le **nombre d'individus dénombré est trop faible pour en tirer de réelles conclusions**. Cela a été le cas concernant le nombre de classes présentes par exemple.

Pour terminer, l'**identification des espèces a été complexe**. D'une part, cela est dû à la dégradation des individus recueillis. En effet, à force de manipulations et de la fragilité de la faune, certains individus ont été dégradés par inadvertance et des parties ont été cassées. D'autre part, le manque de connaissance et d'encadrement pour l'identification a été un frein au discernement. L'identification n'a pas pu aller jusqu'à l'espèce et par conséquent les résultats sont imprécis et incomplets. Aucune recherche concernant les régimes alimentaires des individus n'a pu être faite alors que cela aurait permis de connaître l'impact de l'organisme sur le milieu (Métral, 2007). Il serait donc pertinent de pouvoir refaire cette expérience avec l'aide d'un encadrant spécialiste lors de la phase d'identification.

Bien que les résultats aient mis en avant que la zone sous les panneaux solaires est plus favorable à la pédofaune qu'en bordure, rien ne démontre que les bordures ne sont pas favorables à la pédofaune. En effet, il aurait été intéressant de réaliser des prélèvements dans une zone témoin représentative de l'état de référence du site avant l'anthropisation du sol afin de les comparer à ceux sous les panneaux, en inter-rang et en bordure.

### 3.3. Mesures compensatoires

La mise en œuvre de mesures ERC, c'est-à-dire éviter, réduire et compenser, et des mesures de gestion permettant d'éviter et/ou réduire les effets des impacts des panneaux photovoltaïques sur la pédofaune. La priorité doit être donnée à éviter, puis à réduire et enfin en dernier lieu si les deux premiers n'ont pas pu être appliqués : à compenser (France Nature Environnement, 2022).

Dans un premier temps, il faut privilégier les panneaux photovoltaïques sur le bâti déjà existant ou alors installer des parcs sur des friches déjà anthropisées et imperméabilisées. En effet, ce sont des espaces à faible valeur écologique (France Nature Environnement, 2022).

Pendant la conception du parc, il est important de prendre en compte l'extérieur du site afin de respecter les continuités écologiques. De plus, des nouveaux aménagements plus respectueux de la biodiversité et des sols peuvent être mis en place comme l'élargissement des inter-rangs (LPO, 2022). Il est aussi à noter que des études complémentaires doivent être

réalisées afin de quantifier les effets des impacts spécifiques aux parcs photovoltaïques sur la pédofaune, comme l'ombrage sous les panneaux par exemple. Des mesures de réduction doivent être recherchées et testées, si les effets de ces impacts sont reconnus. Malheureusement, très peu de retours d'expérience sur la pédofaune ne sont à ce jour effectués (France Nature Environnement, 2022).

En phase de chantier, afin de ne pas modifier les cycles biologiques des espèces déjà présentes, il s'agit d'adapter le calendrier des travaux en fonction de ces cycles (LPO, 2022).

Pendant la phase d'exploitation d'un parc, d'après le bureau d'étude Calidris, la gestion de la flore et des habitats est l'essentiel levier de gestion environnementale. En effet, la présence d'une mosaïque d'habitats, en bon état de conservation, permet de recevoir la faune associée. Pour cela, pendant les maintenances, une fauche tardive peut être mise en place et de préférence sous forme de pâturage. Par ailleurs, aucun produit phytosanitaire ne doit être utilisé. Le site doit également faire l'objet d'un enherbement après le chantier, l'ensemencement se fera dans toutes les zones où cela est possible (ADEV Environnement, 2015) (Calidris et al., 2019) .

Par ailleurs, afin de limiter les impacts créés par la mise en place de clôture sur le parc, le type de clôture ainsi que la largeur des mailles sont importants. Cela permet de restaurer les connexions écologiques pour la pédofaune tel que les insectes. Ce type de mesure n'ajoute pas de surcoût pour le porteur de projet (ADEV Environnement, 2015).

Chaque mesure de gestion doit être soumise à un suivi régulier avec l'étude de la pédofaune présente et l'étude intégrale de la faune, de la flore et des habitats permet de mesurer les effets prévisibles par un parc photovoltaïque (Calidris et al, 2019). Le suivi environnemental doit avoir lieu à toutes les phases de vie d'un parc : conception, réalisation, exploitation et démantèlement (LPO, 2022).

# CONCLUSION

---

La pédofaune regroupe toute la faune du sol, allant d'une taille microscopique à des individus vertébrés comme les taupes. Cette faune s'intègre dans un réseau d'interactions complexes entre les individus et leur environnement et elle est une composante essentielle au bon fonctionnement de l'écosystème du sol. En effet, chaque espèce a son rôle dans le recyclage des nutriments, les dynamiques de la structure du sol, le contrôle des bioagresseurs et/ou la modification des interactions entre espèces. Cependant, cet écosystème est menacé par les activités humaines et en particulier par l'anthropisation des sols. Dans une politique de développement des énergies renouvelables, les parcs photovoltaïques sont mis en avant. Cependant, ces espaces induisent une anthropisation des sols avec une modification des écosystèmes présents. Il est donc intéressant d'étudier les impacts que génèrent la zone sous et entre les panneaux solaires sur la pédofaune.

Pour cela, des explorations bibliographiques ont été menées et une expérience a été réalisée lors de ce travail de recherche. Après l'acquisition de nombreux textes scientifiques sur le sujet, l'hypothèse déduite a donc été que les milieux sous les panneaux solaires semblent favorables aux habitats de la pédofaune. L'expérimentation, réalisée principalement à l'aide de la méthode Berlèse, a confirmé cette hypothèse. En effet, les résultats obtenus montrent un nombre total d'individus plus important sous les panneaux solaires, suivi ensuite par l'inter-rang et en dernier se trouve la zone en bordure. Par ailleurs, il y a une classe d'individus présente en plus sous les panneaux et en inter rang qu'en bordure. Pour terminer, les individus recueillis sous les panneaux et en inter-rang sont spécifiques aux milieux ombragés et humides.

Par conséquent, la zone sous les panneaux solaires semble représenter un microclimat pour la pédofaune et convenir à plusieurs espèces spécifiques. Malheureusement, cette étude ne prend en compte que les impacts une fois le site en exploitation et non pendant la phase de construction et durant les maintenances. Or, d'après les recherches bibliographiques, ce sont ces deux phases qui semblent les plus impactantes négativement. Il aurait donc été intéressant de réaliser une expérimentation à toutes les phases de vie d'un site photovoltaïque. Ce type de recherche permettrait de connaître réellement l'impact à toutes les étapes d'un parc sur la pédofaune. Par ailleurs, cette expérience devrait être comparée avec une zone témoin qui représente le site de référence semblable à celui présent avant l'implantation d'activité humaine.

A ce sujet, l'étude des impacts anthropiques sur cette faune est très peu étudiée lors de la construction de gros œuvres. Au vu du rôle important de la pédofaune sur le sol, il s'agit donc ici d'un oubli de grande taille auquel les études d'impacts devraient y remédier.

# BIBLIOGRAPHIE

---

ADEV Environnement, 2015. - *Etude d'impact pour l'implantation d'une centrale photovoltaïque au sol sur la commune de la Groutte dans le département du cher (18)*. [En ligne] - Disponible sur : [https://www.cher.gouv.fr/contenu/telechargement/24905/170656/file/LA\\_GROUTTE\\_Etude\\_Impact\\_2.pdf](https://www.cher.gouv.fr/contenu/telechargement/24905/170656/file/LA_GROUTTE_Etude_Impact_2.pdf) - 103 pages.

Agricultures et territoires - Chambre d'Agriculture Occitanie, 2011. - *Guide des produits organiques utilisables en Languedoc-Roussillon - TOME 1 - Les matières organiques du sol - Chapitre 2*. [En ligne] - Disponible sur : <https://occitanie.chambre-agriculture.fr/publications/toutes-les-publications/la-publication-en-detail/actualites/guide-des-produits-organiques-utilisables-en-languedoc-roussillon-tome-1/> - 12 pages

Andriamampianina J. et al., 2018. - *Caractérisation de la mésofaune du sol par la méthode Berlèse*. [En ligne] - Disponible sur : <https://www.secure.mg/sites/default/files/2019-02/Biodiversit%C3%A9%20du%20sol%20M%C3%A9sofaune%20Berl%C3%A8se%20red.pdf> - 3 pages

Auclerc A., 2020. - *Description des organismes*. - INRAE, Laboratoire sols et environnement, Université de Lorraine. [En ligne] - Disponible sur : <http://ephytia.inra.fr/fr/C/25124/jardibiodiv-Description-des-organismes-de-Jardibiodiv>

Babaci F. et Oudjoudi Y., 2019. - *Effet des pesticides sur la pédofaune - Cas de vignoble de Baghlia et Dellys wilaya de Boumerdès*. - Mémoire de fin d'études. [En ligne] - Disponible sur : <https://www.ummtto.dz/dspace/bitstream/handle/ummtto/13712/Babaci%20Fazia%20%26%20Oudjoudi%20Yamina.pdf?sequence=1&isAllowed=y> - 57 pages

Bachelier G., 1978. - *La faune des sols, son écologie et son action*. - ORSTOM - Office de La Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer - I.S.B.N. : 2-7099-0530-2. [En ligne] - Disponible sur : [https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/pleins\\_textes\\_6/ldt/09691.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_6/ldt/09691.pdf) - 400 pages

Brena L. et al., s.d. - *Les énergies renouvelables sont-elles compatibles avec la biodiversité*. - RARE, ARB, AgriParisTech, Sciences Sorbonne Université et Université Paris-Saclay. [En ligne] - Disponible sur : <https://rare.fr/wp-content/uploads/2022/04/ENRBiodiv.pdf> - 24 pages

Calidris et al., 2019. - *Photovoltaïque et Biodiversité : Etude Bibliographique et Retours d'Expérience*. [En ligne] - Disponible sur : <https://www.morbihan.gouv.fr/contenu/telechargement/45435/327126/file/Photovolta%C3%AFque+et+Biodiversit%C3%A9+biblio+CALIDRIS.pdf> - 23 pages

Clause J. et al., 2022 - *La biodiversité du sol au cœur d'un projet pédagogique sur le campus de l'Université de Poitiers, France : entre formation, gestion et*

conservation. *Étude et Gestion des Sols*, 29, pp. 223-238 [En ligne] - Disponible sur : [https://www.afes.fr/wp-content/uploads/2022/06/EGS\\_2022\\_29\\_Clause\\_223-238.pdf](https://www.afes.fr/wp-content/uploads/2022/06/EGS_2022_29_Clause_223-238.pdf)

Cluzeau D., s. d. - *Déterminer les vers de terre*. [En ligne] - Disponible sur : [https://agriculture-de-conservation.com/sites/agriculture-de-conservation.com/IMG/pdf/opvt\\_identification.pdf](https://agriculture-de-conservation.com/sites/agriculture-de-conservation.com/IMG/pdf/opvt_identification.pdf) - 4 pages

Combasson M., 2020. - *Schéma de principe d'une carrière de roches massives*. [En ligne] - Disponible sur : <https://drill-i.com/schema-de-principe-dune-carriere-de-roches-massives/>

Deprince A., 2003. - *Etude : La faune du sol diversité, méthodes d'étude, fonctions et perspectives*. - Courrier de l'environnement de l'INRA n°49, juin 2003. [En ligne] - Disponible sur : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01199834/file/C49Deprince.pdf> - 16 pages

France Nature Environnement, 2022. - *Photovoltaïques : enjeux et impacts - Note de synthèse*. [En ligne] - Disponible sur : [https://ged.fne.asso.fr/silverpeas/services/sharing/attachments/kmelia243/e293a056-4653-44f7-aac1-3e5b5d82f817/6693f9fa-2bb6-498d-b718-145f06ca14a1/FNE\\_Photoscope\\_Synth%C3%A8se-bibliographique.pdf](https://ged.fne.asso.fr/silverpeas/services/sharing/attachments/kmelia243/e293a056-4653-44f7-aac1-3e5b5d82f817/6693f9fa-2bb6-498d-b718-145f06ca14a1/FNE_Photoscope_Synth%C3%A8se-bibliographique.pdf) - 92 pages

Gasparatos A. et al. 2017. - *Renewable energy and biodiversity: Implications for transitioning to a Green Economy*. - *Renewable and Sustainable Energy*, Volume 70, pp. 161-184 [En ligne] - Disponible sur : <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.08.030> - 24 pages

Gibson L. et al., 2017. - *How green is "green" energy ?* - *Trends in Ecology & Evolutions*, Volume 32, no 12, pp. 922-935. [En ligne] - Disponible sur : <https://doi.org/10.1016/j.tree.2017.09.007> - 14 pages

Gouvernement - Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires et Ministère de la transition énergétique, 2023. - *Solaire*. [En ligne] - Disponible sur : <https://www.ecologie.gouv.fr/solaire>

Grellier S., 2021. - *Cours de pédologie 4ième année DAE - Polytech Tours*.

Hedde M., 2018. - *Indicateurs basés sur la faune des sols : des outils pour l'agriculture innovante ?* - *Innovations Agronomiques*, 2018, 69, pp.15-26 - hal-02002765. [En ligne] - Disponible sur : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02002765/document> - 13 pages

Lavigne A., 2008. - *Etude de la structure des réseaux trophiques des bananeraies antillaises par approche isotopique - Potentialités de régulation des bioagresseurs*. - Mémoire de fin d'études - École Nationale Supérieure d'Horticulture et d'Aménagement du Paysage. [En ligne] - Disponible sur : [https://agritrop.cirad.fr/570270/1/document\\_570270.pdf](https://agritrop.cirad.fr/570270/1/document_570270.pdf)

Le jardin comestible, 2015. - *Comparaison de structures de sols*. [En ligne] - Disponible sur : <https://jardincomestible.fr/videos/comparaison-de-structures-de-sols/>

Le Monde, 2022. - *Les cloportes, indispensables dans la chaîne de décomposition*. [En ligne] - Disponible sur : <https://jardinage.lemonde.fr/dossier-1156-cloportes-indispensables-chaîne-decomposition.html>

Le phylum arthropoda, 1990. - *Classifications des insectes*. - Clefs des ordres insectes, pp. 55-73. [En ligne] - Disponible sur : <https://www.quelestcetanimal.com/wp-content/uploads/2013/11/cle%CC%81-des-ordres-insectes.pdf> - 19 pages

Lovich J. E. et Ennen J. R., 2011. - *Wildlife Conservation and Solar Energy Development in the Desert Southwest, United States*. - BioScience, Volume 61, issue 12, pp. 982-992. [En ligne] - Disponible sur : <https://doi.org/10.1525/bio.2011.61.12.8>. 11 pages

LPO, 2022. - *Centrales photovoltaïques et biodiversité : Synthèse des connaissances sur les impacts potentiels et les moyens pour les atténuer*. [En ligne] - Disponible sur : [https://eolien-biodiversite.com/IMG/pdf/2022\\_pv\\_synthese\\_lpo.pdf](https://eolien-biodiversite.com/IMG/pdf/2022_pv_synthese_lpo.pdf). - 73 pages

Makaronidou, M. 2020. - *Assessment on the local climate effects of solar parks*. - Lancaster University. [En ligne] - Disponible sur : [https://eprints.lancs.ac.uk/id/eprint/145247/1/Makaronidou\\_phd.thesis\\_25.06.2020\\_final.pdf](https://eprints.lancs.ac.uk/id/eprint/145247/1/Makaronidou_phd.thesis_25.06.2020_final.pdf) - 237 pages

Métral R., 2007. - *Étude de la diversité de la pédofaune dans les systèmes agroforestiers*. - Programme agroforesterie 2006-2008. [En ligne] - Disponible sur : <https://www.agroforesterie.fr/wp-content/uploads/2022/07/r-6-3--synthese-sur-la-diversite-de-la-pedofaune-en-systeme-agroforestier.pdf> - 65 pages

Muséum national d'histoire naturelle, s. d. - *Mini-guide d'identification des escargots et des limaces de l'Opération Escargots*. - Opération Escargots. [En ligne] - Disponible sur : <https://cdnfiles1.biolovision.net/www.faune-nievre.org/userfiles/MonDossier/escargotsguide.pdf> - 30 pages

OPVT, Observatoire Participatif des Vers de Terres, 2015. - *Clef d'identification de lombriciens en 4 groupes fonctionnels*. - Université de Rennes, CNRS, OSUR et UMR Ecobio. [En ligne] - Disponible sur : <https://studylibfr.com/doc/10059080/opvt-clef-identification-2015>

Page L., 2022. - *Pédofaune, la vie du sol*. [En ligne] - Disponible sur : <https://renseigner.com/jardin/sciences/pedofaune>

Poinsot Y., 2006. - *Les enjeux géographiques d'un impératif agronomique majeur : le « repos du sol »*. - Annales de géographie, numéro 648, pp. 154-173. [En ligne] - Disponible sur : <https://doi.org/10.3917/ag.648.0154> - 20 pages

Projet SEBIOREF, 2018. *Connaître la biodiversité utile à l'agriculture pour raisonner ses pratiques - Fiche 9 : Travail du sol et vers de terre*. - Agricultures et territoires - Chambre d'Agriculture Occitanie, 2017. [En ligne] - Disponible sur : <https://occitanie.chambre-agriculture.fr/publications/toutes-les-publications/la-publication-en-detail/actualites/connaître-la-biodiversité-utile-a-lagriculture-pour-raisonner-ses-pratiques-fiche-9-travail-du/> - 2 pages

Quel est cet animal - La galerie, 2021. *Amara ovata*. [En ligne] - Disponible sur : <https://quelestcetanimal-lagalerie.com/portfolio/amara-ovata/>

Rovillé M., s.d. - *Le ver de terre, star du sol*. - CNRS. [En ligne] - Disponible sur : [https://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosbiodiv/index.php?pid=decouv\\_chapC\\_p5&zoom\\_id=zoo\\_m\\_c1\\_8](https://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosbiodiv/index.php?pid=decouv_chapC_p5&zoom_id=zoo_m_c1_8)

THEMA Environnement, 2013. - *Projet d'implantation de parcs photovoltaïques au sol sur les communes de Sonzay et Ambillou*. - Dossier d'étude d'impact.- 221 pages

Vannier G. et al., 2022. - *L'échantillonnage de la microfaune du sol*. - Revue d'Ecologie, Terre et Vie, 1966, 1, pp.77-103 - hal-03531610. [En ligne] - Disponible sur : <https://hal.science/hal-03531610/document> - 28 pages

Volkert B., 2018. - *Cours Physiologie animale IUT 1 Génie Biologique option Génie de l'Environnement - Clef classification des insectes - IUT de Tours*

Wikipedia, 2022a. - *Diplopoda*. [En ligne] - Disponible sur : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Diplopoda>

Wikipedia, 2022b. *Diplura (Hexapodes)*. [En ligne] - Disponible sur : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Diplura\\_\(Hexapodes\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Diplura_(Hexapodes))

Wikipedia, 2023. - *Coleoptera*. [En ligne] - Disponible sur : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Coleoptera>

# ANNEXES

## Annexe 1 : Fonctionnement d'un panneau solaire photovoltaïque

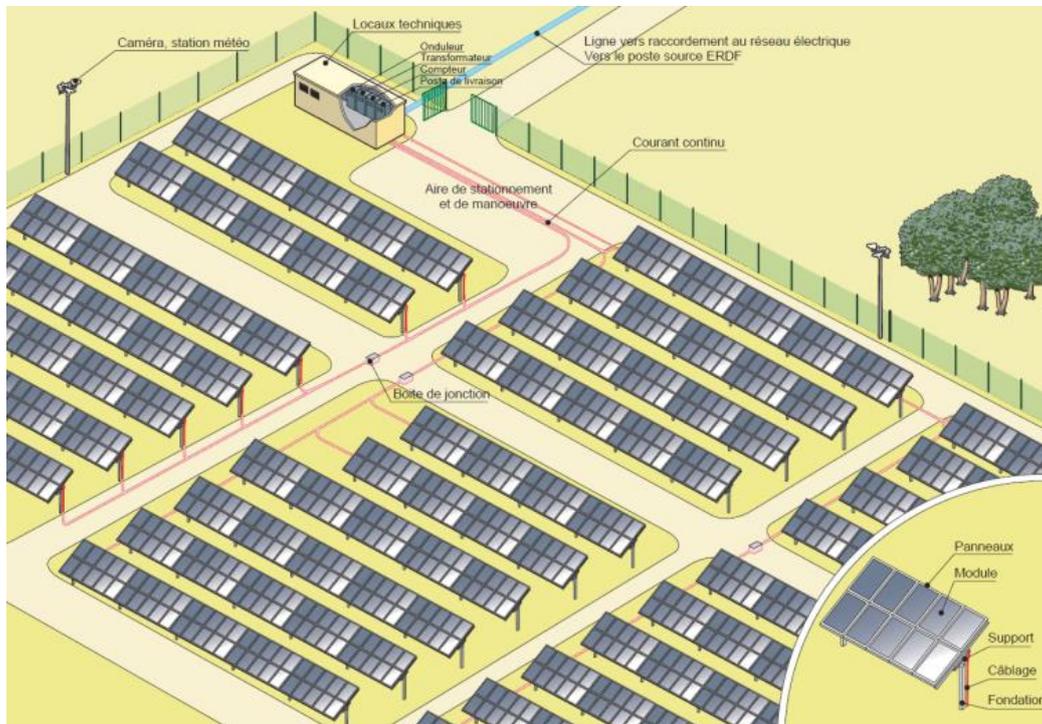


Schéma du principes d'une installation photovoltaïque (Source : LPO, 2022)

Les cellules photovoltaïques qui se situent à la surface du panneau captent la lumière émise par le soleil (photons). Par la suite, les photons transmettent l'énergie qu'ils comportent aux électrons du matériau semi-conducteur. Ces électrons vont alors se mettre en mouvement, se déplacer et produire un courant électrique continu. Ce courant est transformé en courant alternatif grâce aux onduleurs (LPO, 2022).

## Annexe 2 : Fiche de terrain

### FICHE DE TERRAIN

Nom de la parcelle :	Observateurs (nom et prénom)	Date d'observation (jj mm aaaa)	Heure	Minute
Ancien site d'exploitation de carrière à Contres	Beauchesne Léna Mian Camille	30 11 2022	15	55
Point GPS : 47.41171306313735, 1.4685430762782448				

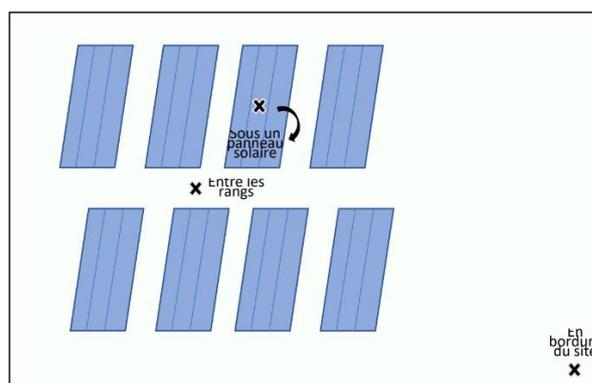
Conditions d'observation				
Température	Pluie	Vent	Couverture nuageuse	Humidité du sol
7°C	<input checked="" type="checkbox"/> Nulle <input type="checkbox"/> Légère <input type="checkbox"/> Forte	<input type="checkbox"/> Nul <input checked="" type="checkbox"/> Léger <input type="checkbox"/> Fort	<input type="checkbox"/> 0-25% <input type="checkbox"/> 25-50% <input type="checkbox"/> 50%-75% <input checked="" type="checkbox"/> 75-100%	<input type="checkbox"/> Engorgé <input type="checkbox"/> Sec <input checked="" type="checkbox"/> Humide

#### Lieux de prélèvement :

- Sous un panneau
- Entre les panneaux
- En bordure du site (prélèvements de référence)

#### Matériel de terrain :

- Pelle (pour récolter la terre)
- Mètre / quadrats (pour délimiter les zones de prélèvement)
- Sac en plastique (pour y déposer la terre recueillie) : sac de congélation
- Marqueur pour noter (la date, lieu ect ... sur le sac)
- EPI :
  - Gants
  - Chaussures de sécurité (besoin d'une paire en taille 38)
  - Lunettes



#### Protocole de terrain sur chaque zone :

- Avec une pelle, récupérer de la litière
- Placer la litière dans un sac de congélation
- Noter sur le sac : la date, les initiales, le lieu de prélèvement avec le marqueur

## Annexe 3 : Autres méthodes intéressante pour récolter la pédofaune

### Méthodes non spécifiques :

⇒ **Piège barber** : Cette méthode convient davantage pour la macro-faune épigée active tel que les araignées, les insectes, les cloportes et les myriapodes. Ce piège se constitue d'un pot en plastique, d'un diamètre entre 7 et 10 cm, qui est enterré jusqu'au bord supérieur afin de créer un puits dans lequel vont tomber les individus marcheurs. Ils sont remplis au tiers d'un liquide non attractif à base d'eau, de détergent (non parfumé) et de sel. Cette solution permet de noyer les individus piégés et de les retenir jusqu'à ce que le piège soit vérifié (Métral, 2007).

⇒ **Méthode Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF)** : Dans cette méthode, un échantillon de sol de 25 cm de côté et d'une profondeur de 30 cm est prélevé. La récolte de la faune se fait à la main après avoir séparé les échantillons en trois couches (0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm) selon la profondeur. Ce processus prend du temps et mobilise de la main d'œuvre (Métral, 2007).

⇒ **Pièges grillagés de type Firobin** : A travers cette méthode, les communautés ciblées sont la mégafaune épigée (rongeurs et insectivores). Elle consiste à déposer une cage avec un appât à base de pâte à la farine, à l'eau et à la sardine. L'animal va être attiré et rentrer dans le système. En mettant en mouvement le crochet qui contient l'appât, la fermeture de la porte va s'activer et par conséquent l'individu se retrouve emprisonné. L'utilisation de ce piège nécessite le marquage des individus piégés, pour ne pas les confondre lors d'une nouvelle capture (Métral, 2007).

### Méthode spécifique :

⇒ **Arrosage du sol à l'eau formol** (remplaçable par de la moutarde) : Cette méthode consiste à verser à deux reprises une solution (10L d'eau pour un pot de moutarde) sur 1 m<sup>2</sup> de sol à étudier. L'extraction aura lieu sur les 15 premiers centimètres du sol. Cette méthode est spécifique car une partie de la faune va fuir dans d'autres directions que celle de la surface. Cette méthode convient donc spécifiquement aux vers et aux limaces qui vont remonter à la surface (Métral, 2007) (Grellier, 2021).

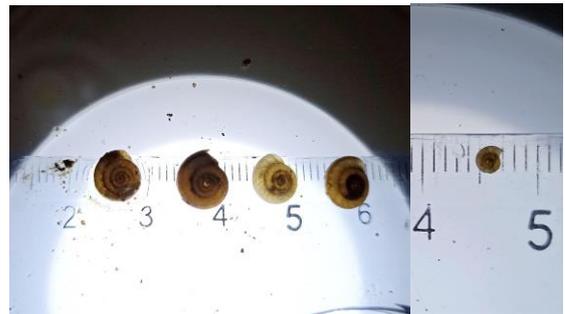
## Annexe 4 : Photographies d'identification des individus

- Identification de l'échantillon en bordure ⇒ 14 individus :



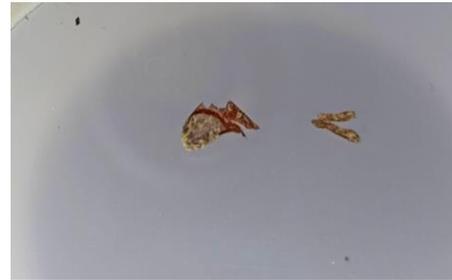
5 vers de terre épigés  
Méthode manuelle et tamis

5 escargots : 4 de 5 à 7 mm et 1 de 2 mm  
Méthode du tamis



1 larve de coléoptère  
Méthode berlèse

2 coques (mue)  
Méthode du tamis



1 Coléoptère – Carabidae – Zabrinae - *Amara ovata*  
Méthode berlèse



- Identification de l'échantillon de l'inter-rang ⇒ 17 individus :



2 vers de terre anéciques :  
Méthode manuelle



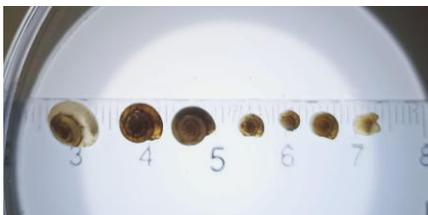
2 vers de terre endogés  
Méthode manuelle



1 vers de terre non identifiable (épigé ou endogé)  
Méthode du tamis



7 escargots : 3 de 5-7 mm et 4 de 3-4 mm  
Méthode tamis



1 myriapode  
Méthode berlèse



2 diploures  
Méthode berlèse



2 coques (mues)  
Méthode du tamis



- Identification de l'échantillon sous les panneaux ⇒ 33 individus :



<p>21 escargots : 1 de 9 mm, 3 de 8 mm, 7 de 6 mm, 3 de 5 mm, 3 de 4 mm, 1 de 3 mm, 3 de 2 mm Méthode au tamis</p>	<p>3 vers anéciques Méthode manuelle</p>
	
<p>3 vers endogés Méthode manuelle</p>	<p>5 cloportes : de 0,5 cm à 0,7 cm (+ 1 dégradé pendant la prise en main) Méthode berlèse</p>
	
<p>1 myriapode - Geophilomorphes Méthode berlèse</p>	
	

**Directeurs de recherche :**

Monsieur Francis Isselin

Monsieur Louison Bienvenue

**Camille Mian**

**Léna Beauchesne**

**PFE/DAE5**

**Option Aménagement DurAble et Génie Ecologique**

**2022-2023**

**Titre : L'impact d'un parc photovoltaïque en exploitation sur la pédofaune**

**Résumé :**

Dans un contexte de transition énergétique et de changements climatiques, les politiques privilégient le développement des énergies renouvelables. Par conséquent, la création de parcs photovoltaïques est une des solutions pour répondre à ces enjeux.

Cependant, ces installations participent à la forte anthropisation des sols et présentent une potentielle menace pour la pédofaune. Cette faune joue pourtant un rôle très important pour le fonctionnement et l'état du sol. Il est donc primordial de s'intéresser à la pédofaune lors de la création de ces parcs afin d'estimer les possibles impacts et pouvoir mettre en place des mesures compensatoires afin de limiter les effets néfastes identifiés. L'un des principaux enjeux est de réussir à concilier les objectifs en termes de transition énergétique tout en préservant la biodiversité.

Une expérience dans le parc de Contres a été effectuée en complément d'une étude de connaissances sur la pédofaune, l'anthropisation des sols et les impacts des parcs photovoltaïques sur le sol et sa faune. L'expérience vise à comparer la pédofaune présente sous les panneaux, en inter-rang et en bordure du site afin d'estimer si elle est impactée par les panneaux présents ou non. La pédofaune a ensuite été recueillie grâce à la méthode Berlèse. Le résultat obtenu est que l'implantation de parc photovoltaïque crée un microclimat sous les panneaux solaires qui semble favorable à la pédofaune. Cette conclusion a eu lieu après l'étude de trois caractéristiques : le dénombrement, la diversité et les habitats spécifiques des espèces présentes. Cependant, les résultats obtenus ne sont pas représentatifs du réel impact d'un parc mais uniquement de la présence des panneaux dans ce parc.

**Mots Clés :**

Activité - Anthropisation - Diversité - Espèce - Expérience - Gestion - Identification - Microclimat - Parc photovoltaïque - Pédofaune - Sol